

теріали Всеукраїнської наукової конференції “Наукова Україна”, 25 травня 2015 р., Компанія SeKum Software, Україна, Дніпропетровськ. — С. 391–396.

7. Масалітіна Н.Ю. Нітроген(I) оксид. Дослідження процесу одержання шляхом низько-

температурного окиснення аміаку / Н.Ю. Масалітіна, А.С. Савенков, О.М. Близнюк, О.М. Огурцов // Хімічна промисловість України. — 2014. — № 5(124). — С. 54–58.

Стаття надійшла до редакції 12.08.2015 р.

УДК 54.44.677.042.62

Рецензент:
Бутенко А.М. — д.т.н., професор
Національного технічного університету
“Харківський політехнічний інститут”

О.М. Близнюк — д.т.н., професор, Національний технічний університет “Харківський політехнічний інститут” (НТУ “ХПІ”)

М.Ф. Клещев — д.т.н., професор, НТУ “ХПІ”

О.М. Огурцов — д.фіз.-мат.н., професор, НТУ “ХПІ”

ФОРМОВАНІ ОКСИДНІ КАТАЛІЗАТОРИ ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО ОКИСНЕННЯ АМОНІАКУ ДО NO. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ

Проведений комплекс фізико-хімічних досліджень процесу формування каталітичної структури і геометрії дозволив запропонувати оптимальну технологію приготування багатокомпонентних селективних термостійких оксидних каталізаторів окиснення амоніаку до NO з мінімальним утворенням N_2O як побічного продукту. За рівнем фізико-механічних характеристик, селективності в реакції окиснення амоніаку, питомої активності, мінімізації утворення N_2O , як побічного продукту, запропоновані каталізатори перевершують промислові оксидні каталізатори. Ресурсні випробування показали високу термостабільність розроблених композицій.

Проведенный комплекс физико-химических исследований процесса формирования каталитической структуры и геометрии позволил предложить оптимальную технологию приготовления многокомпонентных селективных термостойких оксидных катализаторов окисления аммиака до NO с минимальным образованием N_2O как побочного продукта. По уровню физико-механических характеристик, селективности в реакции окисления аммиака, удельной активности, минимизации образования N_2O , как побочного продукта, предложенные катализаторы превосходят промышленные оксидные катализаторы. Ресурсные испытания показали высокую термостабильность разработанных композиций.

Постановка й актуальність задачі

Якість і асортимент каталізаторів значною мірою визначають рівень матеріальних, енергетичних і капітальних витрат, екологію виробництва, принципову новизну і конкурентоспроможність технології. Тому створення теоретичних основ каталітичних процесів у технології нітроген оксидів та нітратної кислоти і розроблення високоселективних термостійких каталізаторів є предметом інтенсивних експериментальних і теоретичних досліджень [1–4].

Вирішення цієї проблеми ускладнено тим, що воно повинно спиратися на можливості технології каталізаторів, перспективу реального практичного втілення на існуючих або проєктованих виробництвах каталізаторів.

У зв'язку із встановленням деструктивного впливу закису азоту на озоновий шар атмосфери проблема викидів N_2O в атмосферу

у виробництвах HNO_3 (~400 тис. т/рік) набула особливої актуальності (потенціал глобального потепління — $GWP(N_2O) = 310$, тобто, за парниковим ефектом 1 т N_2O дорівнює 310 т CO_2). Також актуальною проблемою для України, що не має природних запасів металів платинової групи (МППГ), є розробка із дешевої та доступної сировини селективних термостійких оксидних каталізаторів окиснення амоніаку до NO з мінімальним утворенням N_2O як побічного продукту.

Найважливішими чинниками, що визначають активність і селективність каталізаторів, разом із фазовим складом, є величина його питомої поверхні і структура його гранул. Характер пористості часток контактної маси має велике значення для реакції окиснення амоніаку, що перебігає в зовнішньодифузійній області. Пориста структура значною мірою визначає механічну міцність каталізатора, тим самим впливає на його довговічність. Форма,

розміри зерен і пор визначають гідравлічний опір шару каталізатора і, як наслідок, енергетичні витрати на транспортування газового потоку [2–5]. Для процесу окиснення амоніаку наявність зовнішньодифузійного гальмування збільшує вірогідність взаємодії NH_3 з нітроген(II) оксидом, що утворився, а також вірогідність розкладання NO до N_2 і N_2O , внаслідок чого селективність каталізатора падає.

Експериментальна частина. Для розробки технології оксидних каталізаторів із заданою активною структурою, що забезпечує максимальну селективність по NO , були проведені фізико-хімічні дослідження впливу технологічних параметрів на різних стадіях приготування каталізаторів: тонкості помелу, тиску пресування, тривалості термообробки, температури випалу, дії реакційного середовища [6, 7].

Для підвищення селективності каталізатора по NO за мінімальної селективності по закису азоту, термостабільності, стійкості до каталізаторних отрут запропоновано та досліджено в широкому інтервалі зміни параметрів групу три- і чотириккомпонентних каталітичних композицій, що містять: термостабілізуючу та структуроутворюючу добавку ZrO_2 (10÷20% мас.); Co_3O_4 або Fe_2O_3 (н/м 75÷85% мас.) як активний компонент; промотори та структуроутворюючі добавки для каталізаторів на основі ферум оксиду — Bi_2O_3 і Mn_2O_3 ; на основі кобальт оксиду — Cr_2O_3 і Li_2O [8, 9].

Результати дослідження залежності ІЧ спектрів поглинання каталізаторів окиснення амоніаку до NO на основі оксидів Fe , Zr і Mn від температури випалу каталізатора (750, 850 і 950 °C) наведені на рис. 1.

Оптимальна температура випалу каталізатора лежить в інтервалі температур 850–900 °C. Зниження ступеня перетворення NH_3 до NO на каталізаторах, що отримані за температур випалу вище 950 °C, відбувається через часткове спікання каталізаторної маси (рис. 2). Тривалість випалу за температури 900 °C

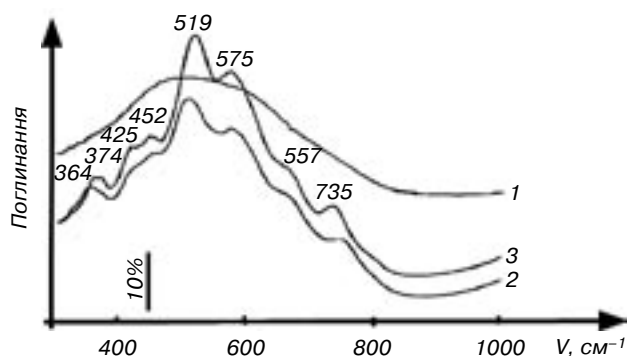


Рис. 1. ІЧ-спектри зразків каталізатора Zr-Fe-Mn-Bi-O , пропечені за різних температур, °C: 1 — 750; 2 — 850; 3 — 900

до 6-ти годин не впливала на його активність і селективність. Результати дослідження залежності питомої поверхні від температури випалу каталізатора, що наведені на рис. 2, показали, що питома поверхня з підвищенням температури від 800 до 1100 °C залишається практично незмінною, тоді як загальна пористість каталізатора зменшується від 44 до 40%, тобто на 4,0%, за рахунок зменшення кількості мікропор, які знижують селективність. Ефективний коефіцієнт дифузії в крупних порах формованого каталізатора більший, тому і його продуктивність залишається вищою, ніж у таблетованого каталізатора. Наявність широкопористої структури екструдованих каталізаторів дозволяє також підвищити їх термо- і водостійкість. Це пов'язано з тим, що крупні пори всередині гранули уповільнюють, а інколи й зупиняють розвиток тріщин, які утворюються під дією перепаду температур або розклинювального ефекту водного середовища.

Виходячи з отриманих даних дослідження фізико-хімічних закономірностей формування каталітичної структури і враховуючи, що оптимальна температура випалу каталізатора лежить в межах 850–900 °C, температура випалу для каталізатора Zr-Fe-Mn-Bi-O була вибрана рівною 870 °C, із зупинкою при нагріванні каталізатора за температури 450 °C, за швидкості підйому температури 40÷60 °C/год. Результати дослідження залежності виходу NO від швидкості підйому температури під час приготування каталізатора наведені в табл. 1. Вибраний режим термообробки каталізатора визначає активну каталітичну структуру за вибраної геометрії. Стадія термообробки супроводжується частковим спіканням, при цьому відбувається стабілізація структури і фазового складу каталізатора, зростання механічної міцності, усунення мікропор, що знижують селективність.

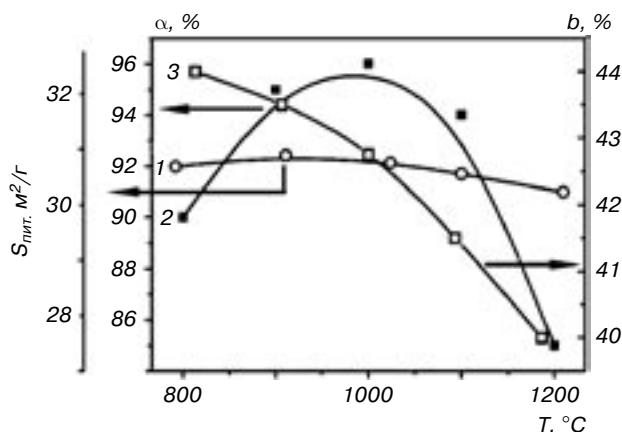
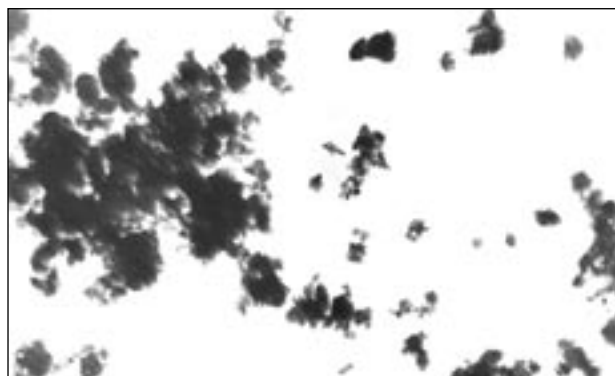


Рис. 2. Залежність питомої поверхні (1), загальної пористості (3) і ступеня перетворення амоніаку до NO , α_{NO} (2) від температури випалу зразків каталізатора Zr-Fe-Mn-Bi-O

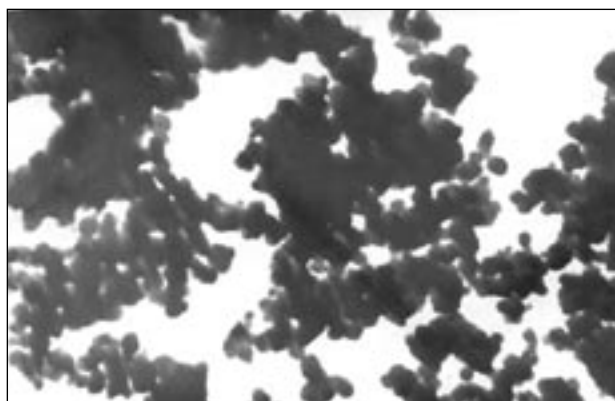
Результати електронно-мікроскопічних досліджень, наведені на рис. 3, показують, що свіжий оксидний каталізатор Zr-Fe-Mn-Bi-O (80:17:1,5:1,5) являє собою систему із дрібних частинок розміром $\sim 0,1$ мкм. У процесі подальшої роботи відбувається укрупнення частинок каталізатора.

Фізико-хімічні дослідження зразків каталізаторів після випалу й після 2-х місяців роботи в реакторі показали, що питома поверхня знижується як при збільшенні вмісту ферум(III) оксиду в зразках, так і в разі збільшення тривалості його експлуатації. Міцнісні характеристики каталізаторів, разом із хімічною взаємодією початкових компонентів, визначаються і методом формування каталізаторної маси. Каталізатори готували механічним змішуванням компонентів суміші з подальшим формуванням методом екструзії, основні параметри якого наведені в табл. 2.

Формування структури каталізатора визначається також ступенем подрібнення початкової шихти, підвищення якого збільшує дисперсність і питому поверхню порошків каталізаторів, а також якість змішування компонентів, забезпечуючи кращий контакт фаз для створення твердих розчинів. Експериментально встановлено, що оптимальний залишок на ситі з 10 000 отв./см² дорівнює 10÷15% при розмірі частинок 30÷60 мкм. Встановлено, що на каталізаторах, приготовлених з додаванням графіту до 0,5%, зменшується вихід NO. У разі додавання в каталізаторну шихту 5÷8% HNO₃ в кількості 1,5% мас. міцність каталізатора на основі Fe₂O₃ підвищилась і досягла 18÷20 кг/см² при збереженні достатньо високої селективності по NO, $\alpha_{NO} = 92,5 \div 93,5\%$. Проведений



а



б

Рис. 3. Мікрофотографії ($\times 14000$) каталізатора Zr-Fe-Mn-Bi-O: а — свіжого після випалу за 850 °C; б — після 6 місяців роботи за 900 °C

комплекс фізико-хімічних досліджень процесу формування каталітичної структури і геометрії дозволив запропонувати оптимальну технологію приготування каталізатора.

Таблиця 1

Залежність α_{NO} від умов приготування каталізатора Zr-Fe-Mn-Bi-O

Швидкість підйому T, К/год	Час витримки, год	T _{випалу} , К	α_{NO} , %	Швидкість підйому T, К/год	Час витримки, год	T _{випалу} , К	α_{NO} , %
60	6	723	90,0	40	6	1173	92,8
110	6	723	90,1	80	6	1173	92,5
180	6	723	90,4	40	10	1173	92,4
60	2	723	90,8	40	2	1173	93,5
60	12	723	90,1	40	7	1223	92,4

Таблиця 2

Основні параметри формування каталізатора Zr-Fe-Mn-Bi-O

Тиск пресування, кг/см ²	150	400	600	1200	2000
Ступінь перетворення, α_{NO} , %	92,9	93,0	93,0	92,6	92,8
Питома поверхня, м ² /г	30,1	28,4	27,4	26,2	25,4
Міцність по твірній, кг/см ²	10,5	17,4	23,5	43,0	49,0

Досліджений процес формування структури зразків Zr–Co–O оксидного каталізатора, пропечених за температури 450÷850 °C. За даними рентгенофазового аналізу (РФА) цирконій оксид, пропечений за температури 320 °C, — аморфний, частки мають малий розмір ≤ 15 Å, у разі підвищення температури формується кубічна фаза ZrO_2 , а потім — тетрагональна ($t\text{-ZrO}_2$), ступінь тетрагональності $c/\sqrt{2a}$ зростає з підвищенням температури пропікання, кількість моноклінної фази ($m\text{-ZrO}_2$), що утворюється за температур > 620 °C, не перебільшує 6%. Кубічна та тетрагональна фази ZrO_2 характеризуються високою питомою поверхнею і підвищеною йонною провідністю. Структура ZrO_2 , пропеченого за температури 450 °C ($a = 3,631$ Å, $c = 5,128$ Å, $c/\sqrt{2a} = 0,989$), дефектна і характеризується тетрагональним викривленням підґратки Оксигену. У разі подальшого зростання температури пропікання тетрагональна фаза теж дефектна (за температури 650 °C $a = 3,614$ Å, $c = 5,159$ Å, $c/\sqrt{2a} = 1,015$, $m\text{-ZrO}_2 < 3,5\%$; за 850 °C $a = 3,604$ Å, $c = 5,163$ Å, $c/\sqrt{2a} = 1,014$, $m\text{-ZrO}_2 < 6\%$) і відрізняється від фази $t\text{-ZrO}_2$, стабільної за температури $T > 1000$ °C, параметрами комірки, ступенем тетрагональності і наявністю вакансій (внаслідок присутності катіонів Кобальту). Розмір $t\text{-ZrO}_2$ збільшується від 100 до 250 Å під час зростання температури від 450 до 850 °C. У процесі пропікання змінюється структура зразків цирконій-кобальтового оксидного каталізатора. Співвідношення розмірів часток, одержаних із адсорбційних та рентгенографічних даних, свідчать про сильно розвинену поверхню зразків та формування великої кількості пор у зразку, пропеченому за температури 450 °C. У разі зростання температури пропікання формується значна кількість меж поділу внаслідок агломерації часток $t\text{-ZrO}_2$ з дефектною структурою. Така специфічна будова за-

безпечує високу каталітичну активність в реакції окиснення амоніаку та термостабільність в широкому діапазоні температур. Фізико-хімічні дослідження природи взаємодії між компонентами показали, що в досліджених системах під час окиснення амоніаку до NO утворюються тверді розчини за характерних для кожної системи температур.

Проведені фізико-хімічні дослідження фазового складу промотованого оксидного кобальтового цирконійвмісного каталізатора Zr–Co–Cr–Li–O, показали, що до і після роботи за 850 °C зразки каталізаторів є твердими розчинами Co_3O_4 в ZrO_2 . У процесі роботи каталізатора відбувається незначне збільшення кристалічності (чітко виділяються піки незначної інтенсивності від 2 до 5%). Результати електронно-мікроскопічних досліджень, наведені на рис. 4, показують, що свіжий каталізатор є системою із дрібних частинок 0,05÷0,1 мкм. У процесі подальшої роботи відбувається укрупнення частинок каталізатора і вже через три місяці роботи їх розмір досягає 1,5÷2,0 мкм.

Для реєстрації фазових перетворень в зразках розроблених каталітичних композицій і дослідження їх параметрів використовували диференціальний термічний аналіз (ДТА), який здійснювали на дериватографі системи Паулік. Нагрівання зразків проводили зі швидкістю 10 °C/хв до температури 1000 °C та записували часову залежність різниці температур між досліджуваним зразком та зразком порівняння (еталоном), який не зазнає ніяких перетворень в температурному інтервалі, що розглядався. Результати ДТА зразків свіжого каталізатора Co–Zr–Cr–Li–O і того, який пропрацював три місяці за температури 850 °C (рис. 5), показують ендоефект за 1223 K, який пов'язаний з початком розпаду твердого розчину.

Дослідження каталізатора Zr–Co–Cr–Li–O показали наявність обмеженого твердого роз-



а



б

Рис. 4. Мікрофотографії ($\times 14000$) каталізатора складу $\text{Co}_3\text{O}_4\text{:ZrO}_2\text{:Cr}_2\text{O}_3\text{:Li}_2\text{O}$ (85:10:4,5:0,5): а — після випалу ($T = 800$ °C); б — після 6 місяців роботи за $T = 850$ °C

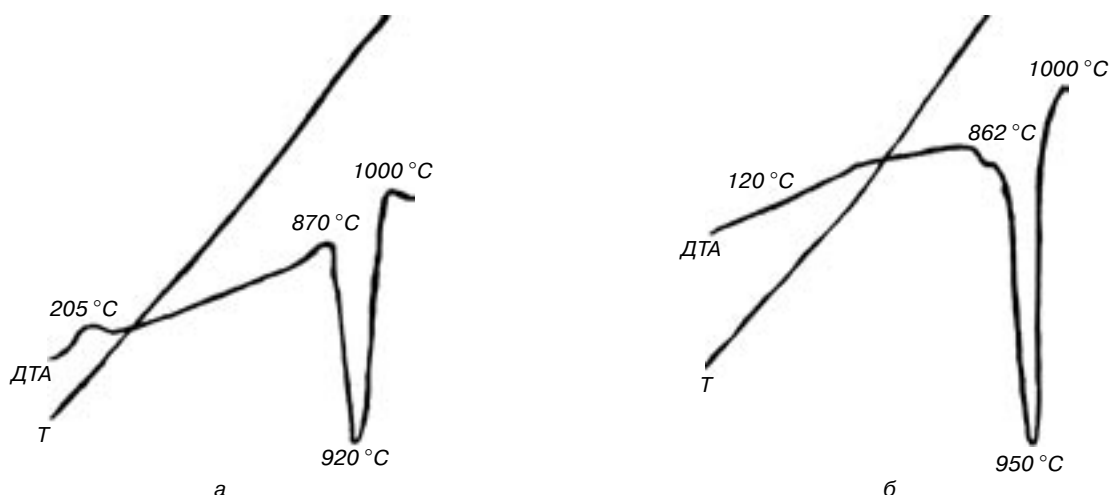


Рис. 5. Результати ДТА зразків Zr-Co-Cr-Li-O каталізатора: а — до роботи; б — після 250 годин роботи за 850 °С

чину, у якому присутні $ZrO_2 \cdot Co_3O_4$, $Co_3O_4 \cdot Cr_2O_3$, $ZrO_2 \cdot Cr_2O_3$, кристали метакрому Літію ($LiCrO_2$) та кобальт-хромової шпінелі ($CoCr_2O_4$), що активують каталізатор та підвищують стабільність в гідротермальних умовах перебігу реакції. Картина поверхні каталізатора Co-Zr-Cr-Li-O, що одержана методом електронної мікроскопії, показала, що каталізаторний конгломерат достатньо рівномірно рихлий, без щільно спечених ділянок. Тугоплавкі оксиди при додаванні до хром(III) оксиду здатні стабілізувати й підвищувати селективність Cr_2O_3 в реакції окиснення амоніаку до NO завдяки модифікуванню пористої структури та збільшенню енергетичної неоднорідності каталітичної маси. Дані ДТА та РФА показують, що під час термічної обробки суміші ZrO_2 та Cr_2O_3 із вмістом 10÷15% мас. ZrO_2 за температури 950 °С відбувається перетворення контактної маси з утворенням твердого розчину хром оксиду в цирконій(IV) оксиді, за рахунок проникнення іонів Cr^{3+} у кристалічну ґратку термостійкого ZrO_2 . Додавання структуроутворюючих оксидів призводить до збільшення концентрації активних центрів на

поверхні внаслідок диспергування часток каталізатора і росту термічної стабільності активного Оксигену; внаслідок високого ступеня дефектності зростає кількість активного Оксигену та його рухливість.

Міжплощинні відстані (d) і відносні інтенсивності рефлексів (γ , %) змішаних оксидних каталітичних композицій запропонованого складу наведені в табл. 3.

На експлуатаційні властивості оксидних каталізаторів дуже сильно впливають такі параметри, як чистота початкових реагентів, тиск пресування, режим випалу каталізатора. Втрати ваги каталізатора залежать і від механічної міцності зерна каталізатора, що значною мірою визначається режимом випалу і тиском під час таблетування.

На основі проведених досліджень рекомендована наступна методика приготування формованих у вигляді прутків 5×7 мм селективних і міцних оксидних каталізаторів:

- каталізатори готуються термічним розкладанням нітратів Zr, Co, Fe, Cr, Bi, Mn і Li_2CO_3 (у деяких випадках — гідроксиди або сульфати);

Таблиця 3

Міжплощинні відстані (d) і відносні інтенсивності рефлексів (γ , %) змішаних оксидних каталітичних композицій

Zr-Co-Cr-O				Zr-Co-Cr-Li-O			
до роботи		після 250 годин роботи		до роботи		після 250 годин роботи	
d, Å	γ , %	d, Å	γ , %	d, Å	γ , %	d, Å	γ , %
2,71	105	2,75	105	2,58	97	2,59	100
2,58	68	2,59	72	2,42	55	2,42	55
1,88	45	1,88	42	1,95	26	1,95	26
2,25	90	2,25	85	1,90	27	1,90	26
2,15	87	2,15	88	2,25	32	2,25	31

- рівномірне розігрівання маси до 200 °С при постійному перемішуванні (протягом 3-х годин) для видалення кристалізаційної води, підвищення температури 40 °С/год до 400 °С для повного видалення продуктів дегідратації й підвищення міцності;
- охолодження і дроблення маси до діаметра 0,1÷0,15 мм, випал за температури 750 °С (протягом 3-х годин) для оксидного каталізатора на основі Co_3O_4 і випал за температури 850 °С для каталізатора на основі Fe_2O_3 ;
- зволоження порошку бідистилятом (2÷3% води від ваги порошку) і формування каталізатора у вигляді прутків розміром 5×7 мм;
- випал прутків за температури 850 °С протягом 4,5 год для каталізатора на основі Co_3O_4 і за 950 °С для каталізатора на основі ZrO_2 і Fe_2O_3 .

Досліджено залежність фазового складу та каталітичної активності бінарних цирконійвмісних композицій від способу приготування. Підсумкові властивості каталізаторів залежать від особливостей структури активного компонента і добавок та їх взаємного впливу. Дифузійна рухливість йонів Оксигену в оксидах значною мірою залежить від дисперсності цих оксидів і дефектності їх структури.

У результаті аналізу сукупності фізико-хімічних та термодинамічних параметрів каталізаторів, що відображають ймовірність реалізації процесу, а також експериментальних досліджень впливу зовнішніх параметрів на кінетику процесу було розроблено дві високоселективні (цирконій-кобальтова та цирконій-залізна) каталітичні композиції із структуроутворюючими добавками та промоторами: Fe-Zr-Mn-Bi-O і Co-Zr-Cr-Li-O , які значно менше піддаються впливу каталітичної отрути SO_2 (рис. 6), харак-

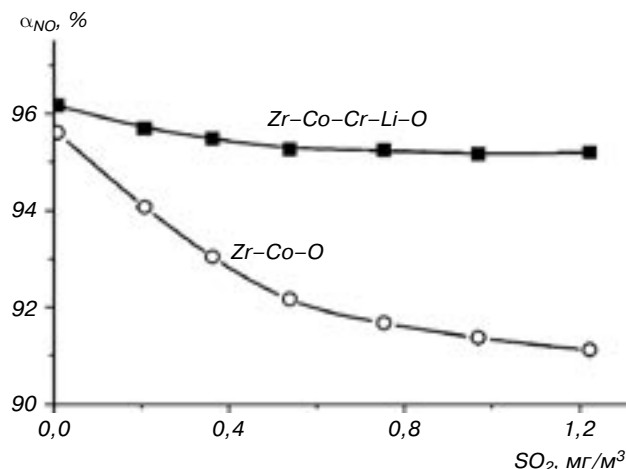


Рис. 6. Залежність ступеня перетворення до NO (α_{NO}) від вмісту каталізаторної отрути в аміачно-повітряній суміші

теризуються підвищеною термостабільністю та стійкістю до термоударів.

Проведені дослідження показали, що на Co-Zr-Cr-Li-O каталізаторі порівняно з іншими каталізаторами окиснення амоніаку утворюється набагато менша кількість N_2O через розкладання N_2O до N_2 та адсорбованого Оксигену, що запобігає подальшій адсорбції N_2O . У присутності NH_3 атоми адсорбованого Оксигену не перешкоджають подальшій дисоціації N_2O . Тому для зменшення виходу N_2O та розширення температурного інтервалу роботи необхідно цирконій-кобальтовий каталізатор використовувати у верхніх шарах каталітичної системи, де присутній високий вміст NH_3 в реакційному газі. Запропоновано двошарову каталітичну систему з каталізатором Co-Zr-Cr-Li-O (I шар) та Fe-Zr-Mn-Bi-O (II шар). Встановлено, що на розробленому двошаровому каталізаторі за селективності по NO 95,5÷96,5% утворюється значно менша кількість N_2O (~200–300 ppm), ніж на промислових каталізаторах (рис. 7). Розроблено комп'ютерну програму для визначення висоти шарів оксидних каталізаторів і прогнозування виходу NO і N_2O залежно від технологічних параметрів.

Висновки

Фізико-хімічними дослідженнями встановлені основні закономірності формування текстури на стадіях пров'ялювання, сушіння і прожарювання, які обумовлені перебігом наступних процесів: видалення капілярної вологи, зникнення дрібних пор і укрупнення часток каталізатора, фазові перетворення оксидного і зв'язувальних компонентів.

За рівнем фізико-механічних властивостей (усадка, стійкість до термоударів, поруватість, водопоглинання, механічна міцність), селек-

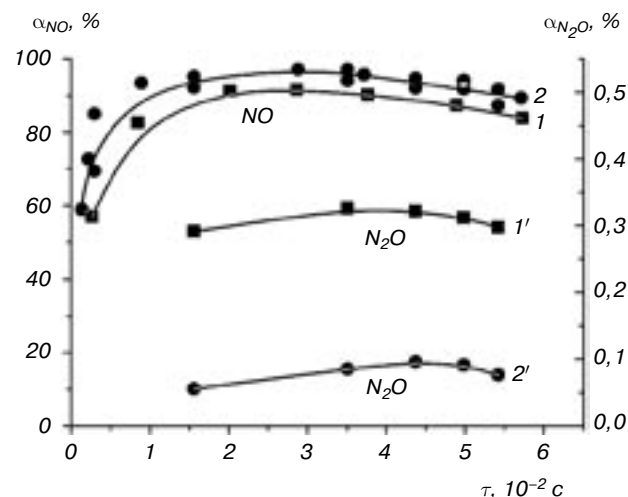


Рис. 7. Залежність ступеня перетворення до NO (α_{NO}) від часу контакту: 1, 1' — на промисловому залізо-алюмінієвому каталізаторі; 2, 2' — двошаровому оксидному каталізаторі ($\text{Co-Zr-Cr-Li-O} + \text{Zr-Fe-Mn-Bi-O}$)

тивності в реакції окиснення амоніаку, питомої активності, мінімізації утворення N_2O , як побічного продукту, запропоновані каталізатори перевершують промислові оксидні каталізатори. Ресурсні випробування показали високу термостабільність розроблених композицій. Під час роботи на дослідній установці істотних змін хімічного та фазового складу не спостерігалось, каталізатори зберігають високий рівень активності й міцності.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Scientific Bases for the Preparation of Heterogeneous Catalysts: Proceedings of the 9th International Symposium Louvain-la-Neuve, Belgium, September 10–14, 2006 / Ed. by E.M Gaigneaux., M. Devillers, D.E. de Vos [et al.]. — Amsterdam : Elsevier, 2006. — 796 p.
2. Synthesis of Solid Catalysts / Ed. by K.P. Jong. — Wiley, 2009. — 401 p.
3. Handbook of Industrial Catalysts / L. Lloyd. — Berlin : Springer, 2011. — 490 p.
4. New Strategies in Chemical Synthesis and Catalysis / Ed. by B. Pignataro. — Wiley, 2012. — 383 p.
5. Мухленов И.П. Технология каталиторов / И.П. Мухленов, Е.И. Добкина, В.И. Дерюжина [и др.]; под ред. И.П. Мухленова. — Л. : Химия, 1979. — 328 с.
6. Савенков А.С. Энергосбережение при формировании активной структуры оксидных катализаторов для окисления аммиака / А.С. Савенков, И.Н. Противень, О.Н. Близнюк, И.М. Гончаров // Комплексне використання сировини, енерго- та ресурсозберігаючі технології у виробництві неорганічних речовин : Збірник наук. праць міжнар. наук.-практ. конф. — Черкаси : Вертикаль, 2004. — С. 122–123.
7. Близнюк О.Н. Формование оксидных катализаторов окисления аммиака / О.Н. Близнюк, А.С. Савенков, И.Н. Противень [и др.] // Укркатализ — Т. 6 : междунар.науч.-техн. конференция : тезисы докл. — К., 2006. — С. 126–130.
8. Близнюк О.М. / Особливості структури Co–Zr–Cr–Li–O каталізатора і його каталітичні властивості в реакції окиснення аміаку до нітроген(II) оксиду // О.М. Близнюк, А.С. Савенков, О.М. Огурцов // Вопросы химии и химической технологии. — 2011. — № 1. — С. 115–118.
9. Близнюк О.М. Моделювання процесу окиснення аміаку на двоступеневому каталізаторі / О.М. Близнюк, О.М. Огурцов, А.С. Савенков, О.О. Хлопицький // Вопросы химии и химической технологии. — 2012. — № 6. — С. 92–96.

Стаття надійшла до редакції 13.08.2015 р.

ШАНОВНІ КОЛЕГИ!

**ДП “Черкаський НДІТЕХІМ” пропонує Вашій увазі
найновіші кон’юнктурно-аналітичні огляди:
Ринок еластичних пінополіуретанів в Україні**

*Кон’юнктурно-аналітичний огляд 2015 р.
Обсяг — 52 с. Ціна — 3600 грн (з ПДВ)
Розробник: Осипенко І.А.
Тел./факс: 8 (0472) 37-41-65*

Цей кон’юнктурно-аналітичний огляд виконаний у червні 2015 р. Розробка включає оглядовий аналіз основних тенденцій на світовому ринку пінополіуретанів (ППУ), сировинних компонентів для їх виробництва — ізоціанатів та поліолів, а також детальний аналіз ринку еластичних ППУ в Україні в період 2012–2014 рр. і короткостроковий прогноз розвитку виробництва та споживання ППУ.

Загальногалузевий аналіз виробництва еластичного ППУ в Україні містить відомості про вітчизняних виробників, обсяги виробництва товарної продукції, частки окремих підприємств-виробників у загальній структурі виробництва, стан сировинного забезпечення підприємств галузі.

Аналіз зовнішньої торгівлі еластичним ППУ включає дані щодо обсягів та напрямів поставок продукції вітчизняного виробництва, а також імпорту в Україну.

Аналіз сучасного стану споживання ППУ в Україні включає відомості про основні споживчі ніші, обсяги та структуру споживання, динаміку внутрішніх цін на ППУ, тенденції розвитку основних споживчих ринків у короткостроковій перспективі.

*E-mail: niitehim@uch.net
Вебсайт: <http://niitehim.ck.ua>*